

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re PATENT APPLICATION of :

Yasuo TANAKA :

Serial No.: [NEW] : Attn: Applications Branch

Filed: July 22, 2003 : Attorney Docket No.: OKI.554

For: SEMICONDUCTOR DEVICE AND METHOD OF MANUFACTURING SAME

CLAIM OF PRIORITY

Mail Stop Patent Application
Commissioner for Patents
P.O. Box 1450
Alexandria, VA 22313-1450

Sir:

Applicant, in the above-identified application, hereby claims the priority date
under the International Convention of the following Japanese application:

Appln. No. 2002-319597 filed November 1, 2002

as acknowledged in the Declaration of the subject application.

A certified copy of said application is being submitted herewith.

Respectfully submitted,

VOLENTINE FRANCOS, PLLC


Adam C. Volentine
Registration No. 33,289

12200 Sunrise Valley Drive, Suite 150
Reston, Virginia 20191
Tel. (703) 715-0870
Fax. (703) 715-0877

Date: July 22, 2003

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日
Date of Application:

2002年11月 1日

出 願 番 号
Application Number:

特願2002-319597

[ST.10/C]:

[JP2002-319597]

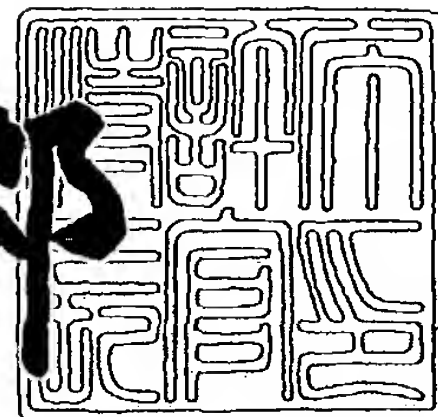
出 願 人
Applicant(s):

沖電気工業株式会社

2003年 2月14日

特 許 庁 長 官
Commissioner,
Japan Patent Office

太田信一郎



出証番号 出証特2003-3007628

【書類名】 特許願

【整理番号】 MA001407

【提出日】 平成14年11月 1日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H01L 23/12

【発明者】

【住所又は居所】 東京都港区虎ノ門1丁目7番12号 沖電気工業株式会
社内

【氏名】 田中 康雄

【特許出願人】

【識別番号】 000000295

【氏名又は名称】 沖電気工業株式会社

【代表者】 篠塚 勝正

【代理人】

【識別番号】 100083840

【弁理士】

【氏名又は名称】 前田 実

【選任した代理人】

【識別番号】 100116964

【弁理士】

【氏名又は名称】 山形 洋一

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 007205

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9003703

特2002-319597

【包括委任状番号】 0101807

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 半導体装置及びその製造方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 半導体基板に設けられた接続パッドに電氣的に接続された複数の柱状電極の先端部分が該半導体基板の表面に形成された封止層の表面から露出している半導体装置において、

前記封止層が、前記半導体基板の表面に形成された低弾性樹脂層と該低弾性樹脂層の表面に形成され該低弾性樹脂層よりも高い弾性率を有する高弾性樹脂層とからなり、

前記高弾性樹脂層が $5\ \mu\text{m}$ から $4.5\ \mu\text{m}$ の範囲の厚さを有することを特徴とする半導体装置。

【請求項 2】 前記高弾性樹脂層の厚さに対する前記低弾性樹脂層の厚さの比が 3.5 から 8 の範囲であることを特徴とする請求項 1 に記載の半導体装置。

【請求項 3】 前記低弾性樹脂層の表面が、前記柱状電極に近づくにつれ該柱状電極の先端部分に向かって上昇する傾斜部分を有することを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の半導体装置。

【請求項 4】 前記低弾性樹脂層がポリイミド、ベンゾチクロブテン、ポリベンズオキサゾールの中の何れかからなり、前記高弾性樹脂層がエポキシ樹脂からなることを特徴とする請求項 1 から 3 のいずれか一項に記載の半導体装置。

【請求項 5】 半導体基板に設けられた接続パッドに電氣的に接続された複数の柱状電極の先端部分が該半導体基板の表面に形成された封止層の表面から露出している半導体装置において、

前記封止層が、前記半導体基板の表面に形成された低弾性樹脂層と該低弾性樹脂層の表面に形成され該低弾性樹脂層よりも高い弾性率を有する高弾性樹脂層とからなり、

前記低弾性樹脂層の表面が、前記柱状電極に近づくにつれ該柱状電極の先端部分に向かって上昇する傾斜部分を有することを特徴とする半導体装置。

【請求項 6】 半導体基板に設けられた接続パッドに電氣的に接続された複数の柱状電極の先端部分が該半導体基板の表面に形成された封止層の表面から露出し、前記封止層が、前記半導体基板の表面に形成された低弾性樹脂層と該低弾性樹脂層の表面に形成され該低弾性樹脂層よりも高い弾性率を有する高弾性樹脂層とからなる半導体装置を製造する方法において、

前記低弾性樹脂層をスピンコート法または印刷法により形成する工程を含むことを特徴とする半導体装置の製造方法。

【請求項 7】 前記低弾性樹脂層がポリイミド、ベンゾチクロブテン、ポリベンズオキサゾールの中の何れかからなり、前記高弾性樹脂層がエポキシ樹脂からなることを特徴とする請求項 6 に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 8】 スピンコート法または印刷法により低弾性樹脂層を形成した後に、該低弾性樹脂層をキュアする工程を実行することにより、該低弾性樹脂層の表面に、前記柱状の電極に近づくにつれ該柱状の電極の先端部分に向かって上昇する傾斜部分を設けることを特徴とする請求項 6 に記載の半導体装置の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【 0 0 0 1 】

【発明の属する技術分野】

本発明は、半導体装置及びその製造方法、具体的には W C S P（ウェファレベルチップサイズパッケージ）構造の半導体装置及びその製造方法に関する。

【 0 0 0 2 】

【従来の技術】

近年、電子機器の小型化の要求に伴い、半導体装置の小型化・高密度化が図られている。このため、半導体装置の形状を半導体素子（チップ）に極力近づけ、そのサイズを小さくした、W C S P 構造の半導体装置が提案されている。

【 0 0 0 3 】

W C S P 構造の半導体装置では、外部接続端子の配列密度を高める必要があり、そのため、この外部接続端子として接続パッドに電氣的に接続され、チップ面から垂直に伸びる柱状の端子（以下、柱状電極という）を用いている。

【 0 0 0 4 】

W C S P 構造の半導体装置を実装基板に実装する際には、柱状電極の先端と実装基板の表面に設けられた接続パッドとを半田等により接合し、その後半導体装置と実装基板との間の隙間に樹脂を充填し、封止する。

【 0 0 0 5 】

半導体装置と実装基板との間の狭い隙間に樹脂を均一に充填することは困難であり時間もかかるので、樹脂層を柱状電極の先端が露出する程度の厚さに予めチップ面に形成することが提案されている（例えば特許文献 1 参照）。

【 0 0 0 6 】

この場合、半導体装置の柱状電極部分の機械的強度を高めるためには、封止樹脂層を高弾性（硬質）樹脂層とすることが好ましいが、半導体チップと実装基板の熱膨張係数の違いにより発生するひずみを吸収し半田接合部分にクラックが発生しないようにするためには封止樹脂層を低弾性（軟質）樹脂層とすることが好ましい。半導体装置の信頼性を向上させるためには、これらの両方を実現する必要がある、そのため特許文献 1 には、封止樹脂層を軟質樹脂層及び硬質樹脂層の 2 層構造とすることが提案されている。

【 0 0 0 7 】

【特許文献 1】

特開平 1 0 - 7 9 3 6 2 号公報（第 2 1 頁、図 2 8）

【 0 0 0 8 】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、封止樹脂層を軟質樹脂層及び硬質樹脂層の 2 層構造にしても、それらの厚さやそれらの層全体に占める比率により、柱状電極部分の強度向上の効果及び半田接合部分のひずみ吸収の効果は変化するので、単に 2 層構造にただけでは、信頼性の高い半導体装置が得られない場合がある。また、特許文献 1 に示されている圧縮成形あるいはトランスファモールド方式により 2 層構造を形成することは技術的に非常に困難である。より詳細には、1 層目の樹脂層をこのような方式で形成すること、もしくは 1 回の樹脂封止処理で上記の 2 層構造を形成することは技術的に極めて困難である。

【 0 0 0 9 】

本発明は、このような問題に鑑みなされたものであり、柱状電極部分の強度が十分に高く、且つ、半田接合部に熱膨張の差に起因するクラックが発生することを防止した、信頼性の高いWCSP構造の半導体装置を提供することを目的とする。本発明の他の目的は、このような半導体装置を低コストで提供することである。

【 0 0 1 0 】

【課題を解決するための手段】

上記目的を達成すべく、半導体基板に設けられた接続パッドに電氣的に接続された複数の柱状電極の先端部分が該半導体基板の表面に形成された封止層の表面から露出している本発明のWCSP構造の半導体装置は、前記封止層が、前記半導体基板の表面に形成された低弾性樹脂層と該低弾性樹脂層の表面に形成され該低弾性樹脂層よりも高い弾性率を有する高弾性樹脂層とからなり、前記高弾性樹脂層が $5\mu\text{m}$ から $45\mu\text{m}$ の範囲の厚さを有することを特徴とする。

【 0 0 1 1 】

上記目的を達成すべく、半導体基板に設けられた接続パッドに電氣的に接続された複数の柱状電極の先端部分が該半導体基板の表面に形成された封止層の表面から露出している本発明の他のWCSP構造の半導体装置は、前記封止層が、前記半導体基板の表面に形成された低弾性樹脂層と該低弾性樹脂層の表面に形成され該低弾性樹脂層よりも高い弾性率を有する高弾性樹脂層とからなり、前記低弾性樹脂層の表面が、前記柱状電極に近づくにつれ該柱状電極の先端部分に向かって上昇する傾斜部分を有することを特徴とする

【 0 0 1 2 】

本発明の半導体装置は、低弾性樹脂層をスピンコート法または印刷法により形成する工程を含む製造方法により製造することができる。

【 0 0 1 3 】

【発明の実施の形態】

図1に本発明のWCSP構造の半導体装置の一実施形態の構成を示す。この半導体装置は、接続パッド3が形成されたシリコンチップ1、該シリコンチップ1

の表面に形成されたポリイミドからなる絶縁膜 2、絶縁膜 2 に設けられた開口を通る配線 4 を介して接続パッド 3 に電氣的に接続された柱状電極 5、絶縁膜 2 の表面に積層された低弾性樹脂層 6 及び高弾性樹脂層 7、柱状電極 5 の先端に形成された実装基板との接続用の外部端子 8 を含む。

【 0 0 1 4 】

低弾性樹脂層 6 は、ポリイミド、ベンゾチクロブテン（BCB：ダウケミカル製）、ポリベンズオキサゾール（PBO：住友ベークライト製）等の熱膨張係数 α_1 が $8 \sim 180 \text{ ppm}$ 、常温曲げ弾性率 E が $0.5 \sim 4 \text{ GPa}$ の樹脂からなる。高弾性樹脂層 7 は、エポキシ樹脂等の熱膨張係数 α_1 が $5 \sim 13 \text{ ppm}$ 、常温曲げ弾性率 E が $9 \sim 21 \text{ GPa}$ の樹脂からなる。

【 0 0 1 5 】

本実施形態では、シリコン基板の厚さは $300 \mu\text{m}$ 、低弾性樹脂層 6 の厚さは $45 \mu\text{m}$ 、高弾性樹脂層 7 の厚さは $45 \mu\text{m}$ 、柱状電極 5 の高さは約 $90 \mu\text{m}$ であり、実装基板との接続端子である半田からなる外部端子 8 は高弾性樹脂層 7 の表面から $80 \mu\text{m}$ 突出している。尚、シリコン基板、樹脂層の厚さ等は一例であり、これに限定されるものではない。

【 0 0 1 6 】

低弾性樹脂層 6 は、スピンコートあるいは、印刷（スクリーン印刷またはメタルマスク印刷）により形成することができる。

【 0 0 1 7 】

図 2 に示すように、スピンコートの場合、シリコンチップの表面に液状の低弾性樹脂を滴下し、シリコンチップを高速回転することにより均一な低弾性樹脂の膜を形成する（図 2（a））。この膜の厚さは柱状電極の高さに等しいが、キュアにより非固形成分が蒸発するので膜減り、即ち、膜厚が減少する（図 2（b））。このとき、低弾性樹脂層 6 の表面は平坦でなく、柱状電極の近傍で上昇する傾斜部分を有する。このような傾斜部分を設けることにより、低弾性樹脂層の厚みを柱状電極に接する部分で厚くして熱膨張差に起因するひずみ吸収効果を大きくし、それと同時に高弾性樹脂層の平均の厚みを厚くして、その機械的強度（抗折強度）を向上させ、また、遮光性を高めて外部光の光電効果に起因する誤動作

を防止することができる。

【 0 0 1 8 】

膜厚の減少量は滴下する低弾性樹脂の固形分率に依存するので、固形分率を適切な値に設定することにより、容易に所望の厚さの低弾性樹脂層を形成することができる。形成した低弾性樹脂層 6 の上に、例えばトランスファモールドで高弾性樹脂層を形成することにより 2 層構造の封止樹脂層が得られる。

【 0 0 1 9 】

スクリーン印刷の場合、図 3 に示すようにメッシュ基材に乳剤またはメッキ処理が施されたマスクを設け、このマスク部分が柱状電極上に位置するようにメッシュ基材を載置する。そして液状の低弾性樹脂を該メッシュの高さまで流し込む。スピコートの場合と同様、キュア（脱泡処理を含む）後には流し込んだ低弾性樹脂の液体成分が蒸発しその膜厚は減少するので、流し込む低弾性樹脂の固形分率を適切な値に設定することにより、容易に所望の膜厚の低弾性樹脂層が得られる。通常、印刷は複数回に分けて行う。このようなマスクを用いることにより電極の先端部に向かって上昇する傾斜部分の形状がよりシャープになるようにコントロールできる。また、印刷を複数回に分けて行うことにより、一回の印刷で形成する層の厚みが薄くなり、キュア時における脱泡が容易になる。

【 0 0 2 0 】

図 3 では柱状電極の径と乳剤のマスク径とは等しいが、図 4 に示すようにマスク径を柱状電極の径より大きくした場合には、オーバーハングしたマスクにより柱状電極の先端付近には低弾性樹脂が付着し難くなるので、図 3 の場合に比べキュア前に柱状電極の先端部付近に残存する低弾性樹脂は少なくなる。尚、図 3 及び図 4 は固形分率が 4 5 % の場合を示している。

【 0 0 2 1 】

図 5 に示すメタルマスク印刷の場合も、スクリーン印刷と同様、キュア後には流し込んだ低弾性樹脂の液体成分が蒸発しその膜厚は減少するので、流し込む低弾性樹脂の固形分率を適切な値に設定することにより、容易に所望の膜厚の低弾性樹脂層が得られる。図 5 には、固形分率が 1 4 % の場合と 2 6 % の場合を示している。メタルマスク印刷では、一回の印刷で低弾性樹脂を形成できるので、低

弾性樹脂層の形成を複数回の印刷に分けて行うスクリーン印刷と比較し、プロセスを短くでき、またマスクもシンプルであり耐久性が高い。

【 0 0 2 2 】

封止樹脂層の形成後、柱状電極の先端に半田バンプを形成し、実装基板上の接続パッドに半田付けする際には、柱状電極と半田バンプとの接合面に大きなひずみと応力が発生する。表 1 に、単層構造及び 2 層構造（低弾性樹脂層の厚さと高弾性樹脂層の厚さの比が 1 : 1 の場合と、3 : 1 の場合）のそれぞれの場合についてシミュレーションにより求めた柱状電極と半田バンプとの接合面における、ひずみ振幅 $\Delta \epsilon$ （括弧内は単層構造のひずみ振幅を 1 とした場合の値を示す）と、単層構造の疲労寿命を 1 とした場合の各構造の疲労寿命 N_f の値を示す。図 6 にシミュレーションに使用した各材料の定数を示す。このシミュレーションでは、半田材料を Sn-Pb（63 : 37）、実装基板材料を FR-4、柱状電極材料を Cu、低弾性樹脂材料をポリイミド、高弾性樹脂材料をエポキシ樹脂、シリコンチップの絶縁膜をポリイミドとしている。尚、図 6 に示した各数値の最後は 10 のべき乗を表している（例えば、+4 は 10^4 を表し、-5 は 10^{-5} を表す）。

【 0 0 2 3 】

【表 1】

	単層構造	2 層構造 低弾性樹脂層—高弾性 樹脂層(1 : 1)	2 層構造 低弾性樹脂層—高弾性 樹脂層(3 : 1)
ひずみ振幅 $\Delta \epsilon$	0.0128 (1.00)	0.0049 (0.38)	0.0032 (0.25)
疲労寿命 N_f Coffin-Manson 式 $N_f = C \times (\Delta \epsilon)^{-2}$ C : 定数 $n=2$ と仮定	1.00	6.93	16.0

【 0 0 2 4 】

表 1 から、封止樹脂層を高弾性樹脂（エポキシ樹脂）の単層構造とした場合に比べ、低弾性樹脂層（ポリイミド層）と高弾性層（エポキシ樹脂）の 2 層構造とした場合にはひずみ振幅が小さく疲労寿命が長くなることが分かる。また、同じ

2層構造でも、低弾性樹脂層と高弾性樹脂層との比が1 : 1の場合よりも、3 : 1である場合の方がひずみ振幅が小さく疲労寿命が長いことが分かる。

【0025】

尚、ひずみ振幅は、接合部の温度変化により線膨張率が異なる2つの部材間に発生するひずみであり、その値は温度変化に伴う2つの部材のそれぞれの長さの変化の差に依存する。

【0026】

実験により、例えば柱状電極の長さが約90 μm 、外部端子高さが80 μm 、封止樹脂層の全体の厚さが約90 μm の場合、高弾性樹脂層の厚さが5 μm 以下では、柱状電極部分の強度が不十分であり、十分な強度とするためには5 μm （好ましくは10 μm 以上）～45 μm の厚さが必要であり、また、低弾性樹脂層が厚いほど半田接合部分にクラックが発生しなくなることが分かった。従って、柱状電極の高さが90 μm であれば、高弾性樹脂層の厚さを10～20 μm の範囲とし、低弾性樹脂層の厚さを70～80 μm の範囲とすること（即ち、高弾性樹脂層の厚さに対する低弾性樹脂層の厚さの比を3.5～8の範囲とすること）が好ましい。

【0027】

尚、以上説明した本発明の実施形態では、柱状電極の先端に半田からなる外部接続端子を設けているが、柱状電極を延長し、延長部分を実装基板との接続用の外部接続端子としてもよい。

【0028】

【発明の効果】

本発明によれば、柱状電極部分の強度が十分に高く、且つ、半田接合部に熱膨張の差に起因するクラックが発生することを防止した、信頼性の高いWCSP構造の半導体装置が低コストで提供される。また、低弾性樹脂層の表面に柱状電極の近傍で上昇する傾斜部分を設けることにより、低弾性樹脂層の厚みを柱状電極に接する部分で厚くして熱膨張差に起因するひずみ吸収効果を大きくし、それと同時に高弾性樹脂層の平均の厚みを厚くして、その機械的強度（抗折強度）を向上させ、また、遮光性を高めて外部光の光電効果に起因する誤動作を防止するこ

とができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】 本発明の W C S P 構造の半導体装置の一実施形態の構成を示す図である。

【図 2】 図 1 の半導体装置の低弾性樹脂層をスピコート法で形成する手順を示す図である。

【図 3】 図 1 の半導体装置の低弾性樹脂層をスクリーン印刷法で形成する手順を示す図である。

【図 4】 図 1 の半導体装置の低弾性樹脂層をスクリーン印刷法で形成する手順を示す図である。

【図 5】 図 1 の半導体装置の低弾性樹脂層をメタルマスク印刷法で形成する手順を示す図である。

【図 6】 柱状電極と半田バンプとの接合面におけるひずみ振幅と疲労寿命のシミュレーションに使用した材料の定数を示す図である。

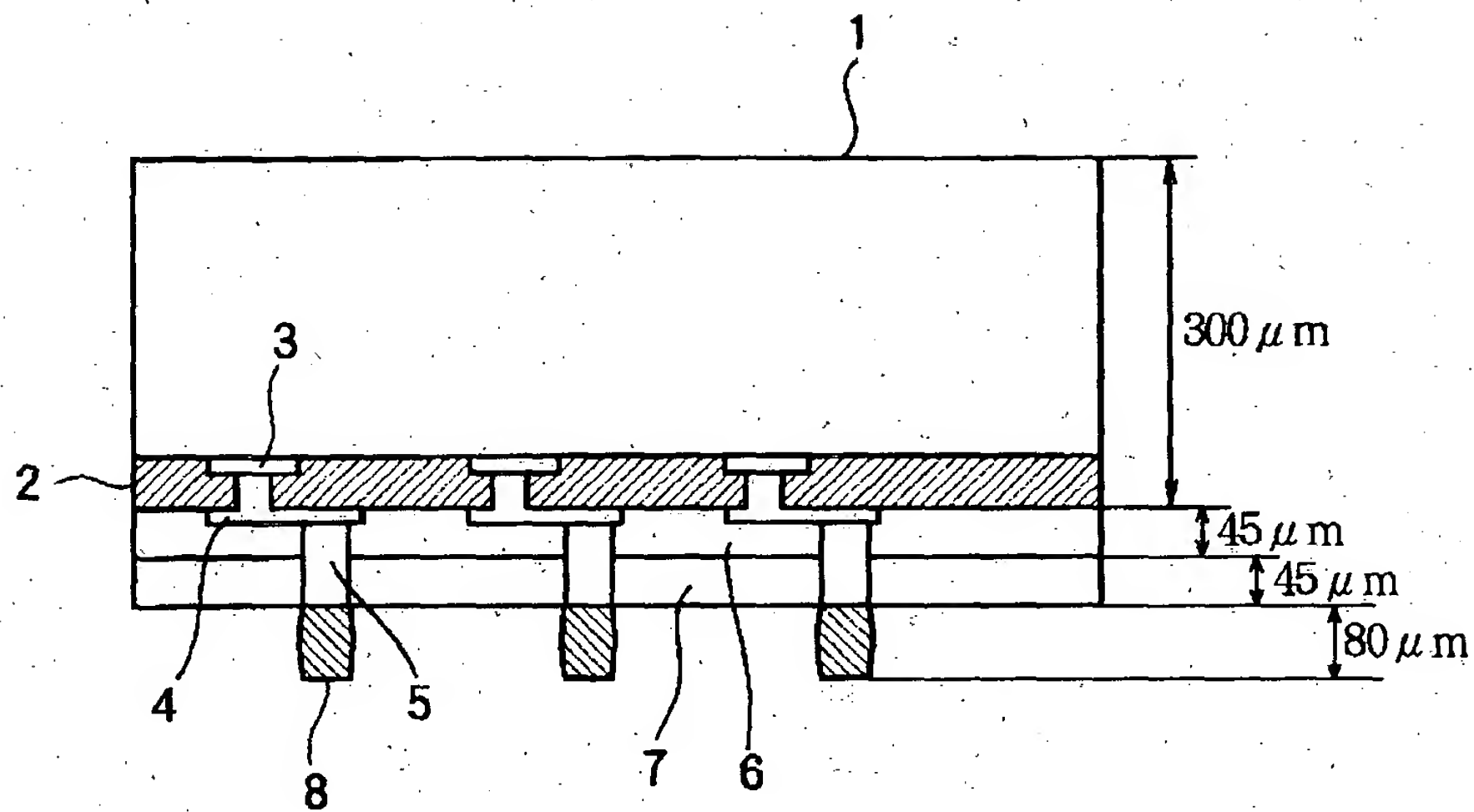
【符号の説明】

1 シリコン基板、 2 絶縁膜、 3 接続パッド、 4 配線、 5 柱状電極、 6 低弾性樹脂層、 7 高弾性樹脂層、 8 外部端子。

【書類名】

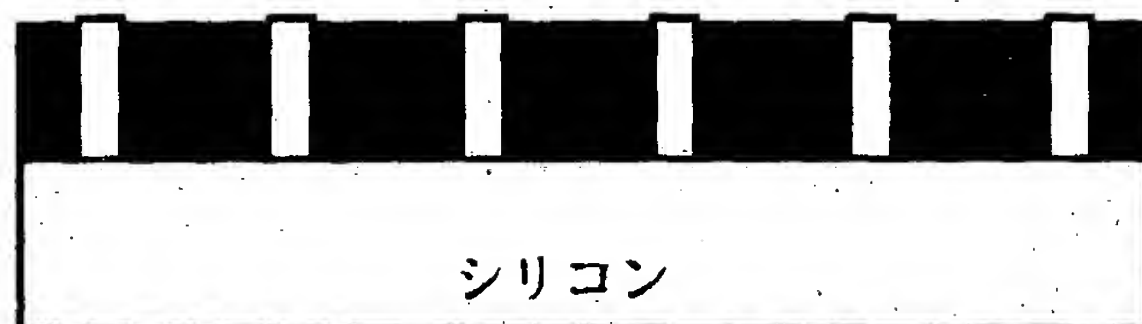
図面

【図 1】



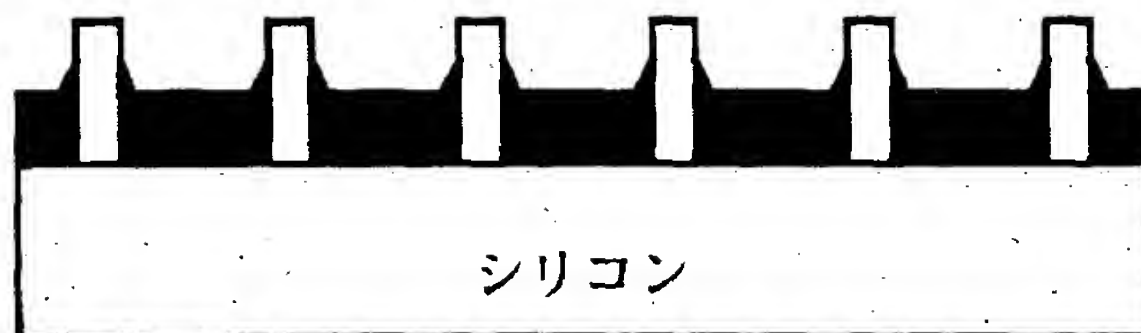
【図 2】

(a)

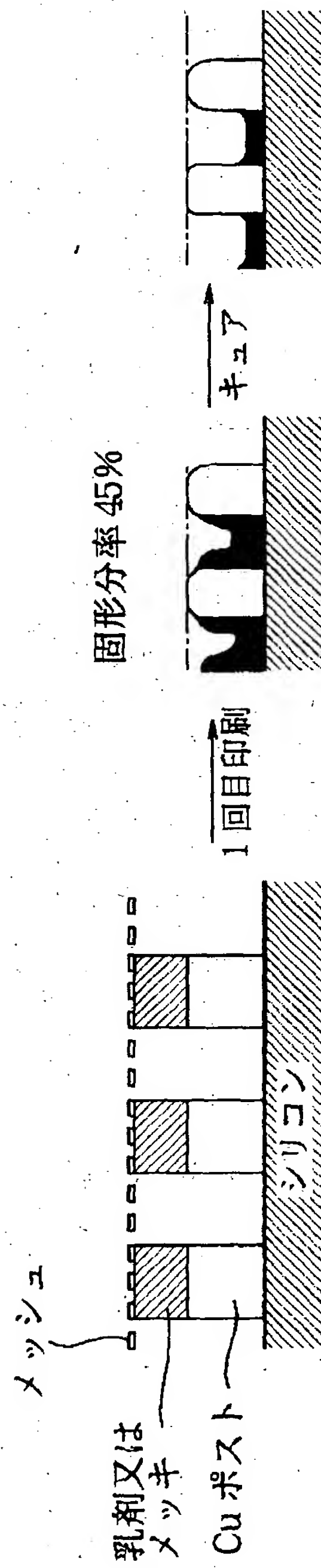


↓ キュアによる膜減り

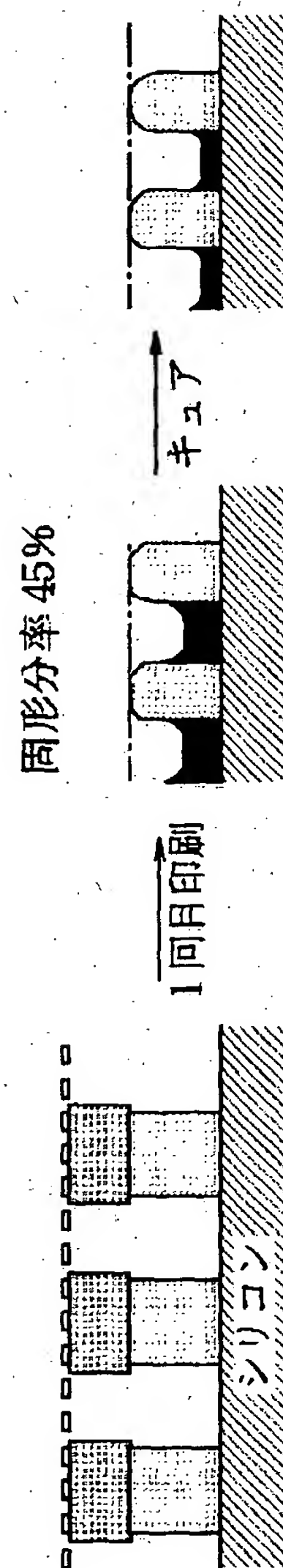
(b)



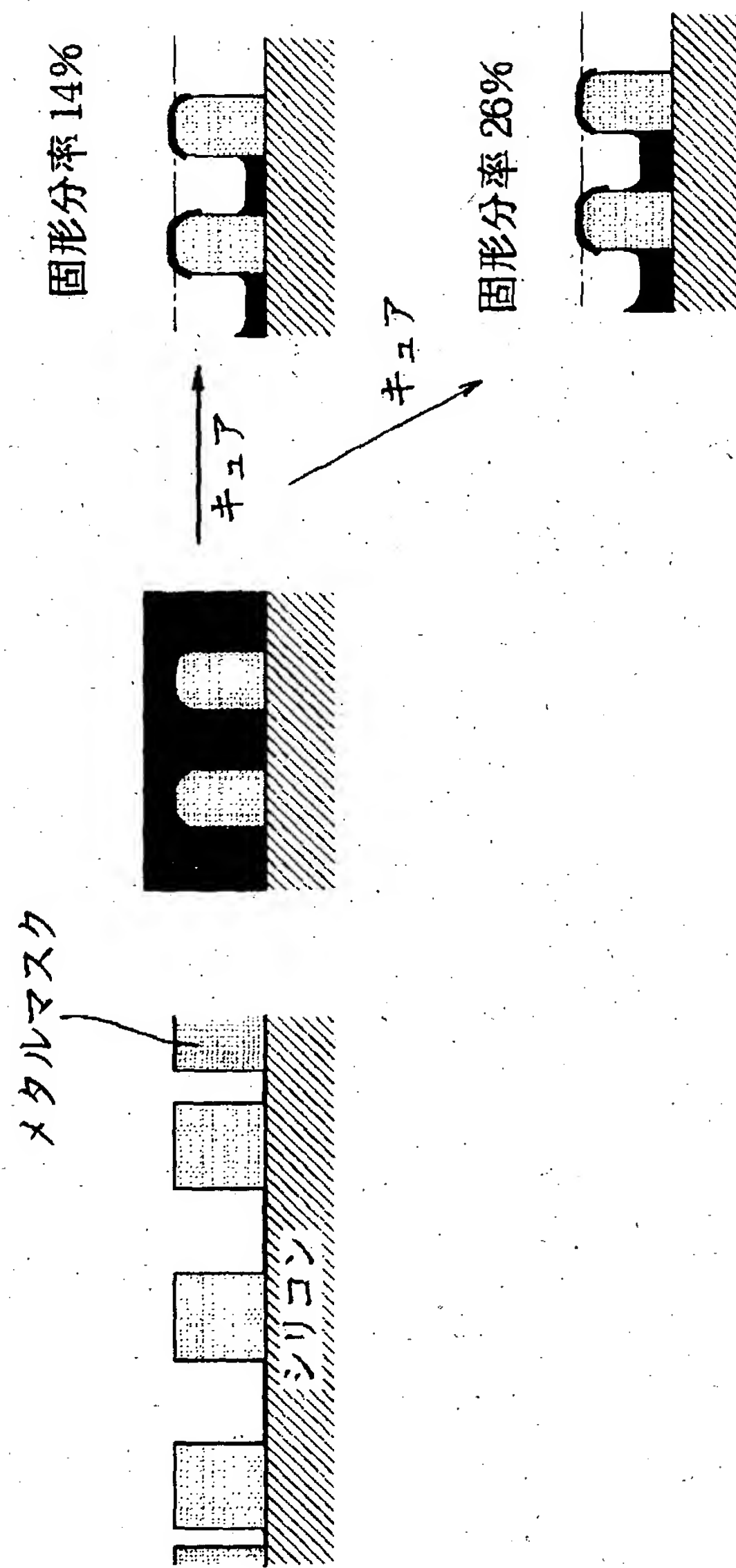
【図3】



【図4】



【図5】



【図 6】

材 料	ヤング率	ポアソン比	質量密度	瞬間線膨張係数	相当(Von Mises)引張り降伏応力	相当 10 サイクル引張り降伏応力
	Mpa		g/mm ³	ppm		
高弾性封止樹脂	2.15600+4	0.24000+0	1.95000+3	8.50000-6	1.09900+1	0.00000+0
低弾性封止樹脂	1.20000+3	0.30000+0	1.86000+3	1.40000-5	0.00000+0	0.00000+0
Si	1.70000+5	0.26000+0	2.32800+3	2.60000-6	0.00000+0	0.00000+0
Sn-Pb (63 : 37)	2.46760+4	0.33000+0	8.30000+3	2.40000-5	4.06590+1	0.00000+0
FR-4	1.85710+4	2.50000+0	1.85000+3	1.50000-5	0.00000+0	0.00000+0
Cu	1.30000+4	0.29000+0	8.93000+3	1.65000-5	0.00000+0	0.00000+0
ポリイミド	3.80000+4	0.25000+0	1.85000+3	2.00000-5	0.00000+0	0.00000+0

低弾性封止樹脂の瞬間線膨張係数の温度依存性

温度	瞬間線膨張係数
-25℃	1.40000-05
19.9999℃	1.40000-05
20℃	7.00000-05
125℃	7.00000-05

Sn-Pb (63 : 37)はんだの温度依存性

温度	降伏応力	ヤング率	加工硬化係数
-65℃	4.065900+01	2.467600+04	1.000000+00
20℃	2.776712+01	2.215804+04	0.895200+00
50℃	2.181702+01	1.309339+04	4.065900+00
100℃	1.289188+01	5.539510+04	0.252390+00
150℃	3.966732+00	3.021551+03	0.128789+00

【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 柱状電極部分の強度が十分に高く、且つ、半田接合部に熱膨張の差に起因するクラックが発生することを防止した、信頼性の高いWCSP構造の半導体装置を提供する。

【解決手段】 半導体基板に設けられた接続パッドに電氣的に接続された複数の柱状電極の先端部分が該半導体基板の表面に形成された封止層の表面から露出している半導体装置において、前記封止層を前記半導体基板の表面に形成された低弾性樹脂層と該低弾性樹脂層の表面に形成され該低弾性樹脂層よりも高い弾性率を有する高弾性樹脂層の2層構造とし、前記高弾性樹脂層を $5\mu\text{m}$ から $4.5\mu\text{m}$ の範囲の厚さとしたことを特徴とする。

【選択図】 図1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000000295]

1. 変更年月日 1990年 8月22日

[変更理由] 新規登録

住 所 東京都港区虎ノ門1丁目7番12号

氏 名 沖電気工業株式会社